

УДК 66.011

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ИЗОМЕРИЗАЦИИ ПЕНТАН-ГЕКСАНОВОЙ ФРАКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ HYSYS – IZOMER

Э.Д. Иванчина, Н.В. Чеканцев, В.А. Чузлов, Ю.А. Смольянова

Томский политехнический университет
E-mail: ied@zmail.ru

В статье изложен способ оптимизации состава сырья процесса изомеризации пентан – гексановой фракции регулированием режимных параметров работы реакторов и колонн разделения с использованием комплексной математической модели HYSYS – IZOMER. Подбор оптимальных технологических условий сопряженных процессов каталитического превращения углеводородов и ректификации позволит снизить содержание гептановых углеводородов и, тем самым, продлить срок службы катализатора СИ-2 на промышленной установке Л-35–11/300. Данный вывод подтверждается представленными результатами моделирования различных режимов работы реактора изомеризации и колонны. Оптимизация состава сырья позволяет проводить процесс изомеризации эффективнее за счет снижения содержания компонентов C_{7+} .

Ключевые слова:

Изомеризация, технологические режимы, моделирование, колонна ректификации, реактор.

Key words:

Isomerization, technological regimes, simulation, distillation column, reactor.

Цель работы: оптимизация состава углеводородного сырья в процессе изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели HYSYS – IZOMER.

Переход России на выпуск высококачественных моторных топлив: стандартов ЕВРО-3, ЕВРО-4 и ЕВРО-5 с низким содержанием ароматических углеводородов повысил спрос на изомеризаты. Это привело к необходимости совершенствования технологии эксплуатации действующих установок изомеризации. Одной из основных задач, возникающих при этом, является обеспечение длительного срока службы платиносодержащего катализатора и повышения тем самым энерго- и ресурсоэффективности процесса изомеризации пентан-гексановой фракции. Принципиально важно решать подобные задачи с учетом сопряженности ректификационных и реакционных процессов, а также взаимного влияния режимов работы колонн и реакторов. Проведение экспериментальных исследований на промышленных установках на уровне, обеспечивающем достоверность исследований, является трудоемким и затратным. Эту многофакторную задачу оптимизации работы реакторного и колонного оборудования наиболее эффективно возможно решить с использованием математических моделей, построенных на физико-химической основе.

Компьютерная моделирующая система IZOMER, представляющая собой программно реализованную математическую модель реакторного блока процесса изомеризации на катализаторе СИ-2, позволяет рассчитывать углеводородный состав и октановое число изомеризата [1–3].

Исходными данными для расчетов являются:

- состав и расходы сырья и водородсодержащего газа;
- температуры по реакторам;

- давление в реакторах.

Для обоснования достоверности исследований выполнена проверка на адекватность математической модели реальному процессу по экспериментальным данным с установки Л-35–11/300 ООО «КИНЕФ». Результаты расчета, приведенные на рис. 1, показывают незначительное отклонение, сопоставимое с погрешностью хроматографического метода анализа, рассчитанных значений октанового числа от экспериментальных. Это подтверждает возможность проведения исследований по совершенствованию процесса изомеризации с использованием компьютерной моделирующей системы IZOMER.

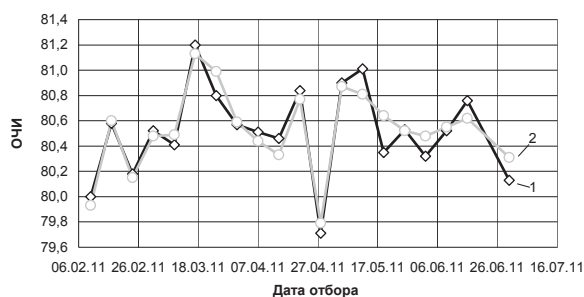


Рис. 1. Сравнение рассчитанных с использованием модели и экспериментальных значений октанового числа изомеризата, определенное по исследовательскому методу (ОЧИ): 1 – расчет на модели, 2 – эксперимент

От температуры, давления и углеводородного состава перерабатываемого сырья зависит основной показатель процесса – октановое число. Состав сырья поступающего на установку может существенно изменяться. На рис. 2 показано влияние состава сырья на октановое число изомеризата, определенное по исследовательскому методу. Расчеты проводили при заданном технологическом режиме:

- Расход сырья – 90 м³/ч.
- Температура на входе в первый реактор – 138 °С.
- Давление – 3,1 МПа.

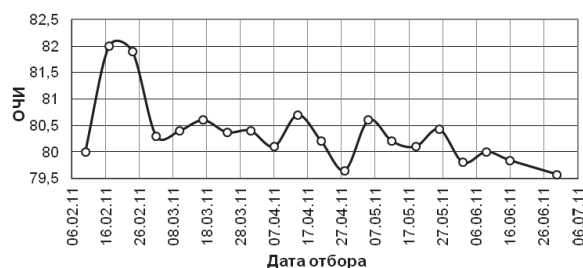


Рис. 2. Влияние состава сырья на октановое число изомеризата

Как видно из графика октановое число изомеризата в зависимости от состава сырья изменяется в пределах 1...2 пунктов. Движущей силой процесса изомеризации является разность концентраций алканов нормального и изостроения имеющих разную температуру кипения. Так значения энергии Гиббса при температуре 20 °С в реакции изомеризации н-пентана составляет –3,72 кДж/моль [3]. Термодинамические расчеты показали, что процесс изомеризации является равновесным. Условия равновесия протекания реакции изомеризации, которое зависит от времени контакта и температуры, определяет выход целевого продукта – изоалканов. Поддержание интегральной константы равновесия протекания реакций на постоянном уровне при изменении углеводородного состава перерабатываемого сырья определяющим образом влияет на селективность превращения углеводородов.

Колебания состава сырья на установке Л-35–11/300 обусловлены, в первую очередь, различными источниками сырья. Сырье процесса поступает с установок: АТ-6, АВТ-6, АВТ-2, АТ-1 и ГФУ. Состав сырья процесса изомеризации (фр. н. к. 62 °С), полученного при вторичной перегонке бензинов, зависит от состава бензиновой фракции н. к. 105 °С и режима работы колонны. Технологическая схема представлена на рис. 3.

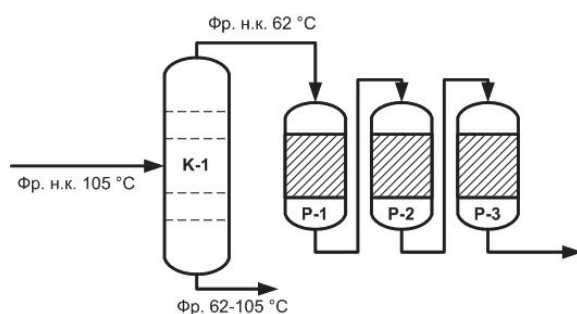


Рис. 3. Технологическая схема реакторного блока процесса изомеризации

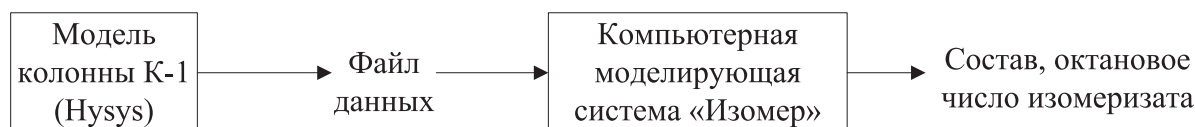


Рис. 4. Блок-схема комплексной модели процесса изомеризации

В колонне К-1 фракция н. к. 105 °С разделяется на фракции н. к. 62 °С (верхний продукт) и 62...105 °С (нижний продукт). В дальнейшем фракция н. к. 62 °С отправляется на гидроочистку, затем при температуре около 130 °С в смеси с водородсодержащим газом поступает в первый реактор изомеризации.

Комбинированная математическая модель процесса ректификации бензиновой фракции н. к. 105 °С и изомеризации фракции н.к. 62 °С представлена интегрированным с HYSYS модулем.

Моделирование процесса ректификации проводится в программном пакете HYSYS. Связь между двумя системами осуществляется при помощи текстового файла, содержащего данные о составе и свойствах сырья изомеризации (фр. н. к. 62 °С). Файл данных формируется автоматически средствами HYSYS. Затем этот файл считывается компьютерной системой IZOMER, которая производит расчет реакторного блока изомеризации. В выходном файле IZOMER содержится состав и октановое число продукта. Блок-схема комплексной модели представлена на рис. 4.

Одним из важных показателей качества сырья процесса изомеризации является содержание углеводородов C_{7+} . Повышенное содержание этих углеводородов приводит к протеканию экзотермических реакций гидрокрекинга и дезактивации катализатора. Выполненные расчеты на модели показали, что тепловой режим ребойлера колонны К-1 в значительной степени влияет на концентрацию углеводородов C_{7+} в сырье изомеризации (фр. н. к. 62 °С). На рис. 5 представлена зависимость концентрации углеводородов C_{7+} в сырье изомеризации от температуры низа К-1 при различных составах фракции н. к. 105 °С.

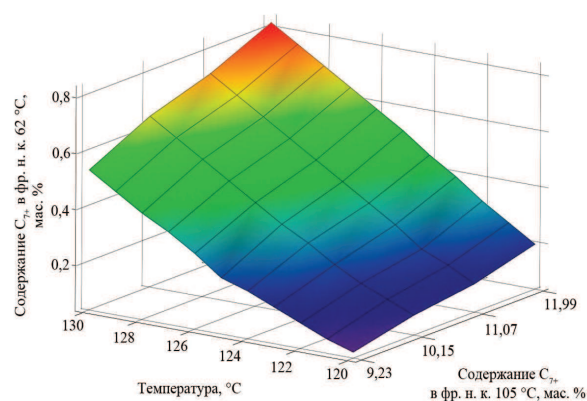


Рис. 5. Содержание C_{7+} в сырье изомеризации в зависимости от тепловой нагрузки на ребойлер колонны К-1

Повышение температуры низа колонны К-1 приводит к нежелательному увеличению содержания тяжелых углеводородов в сырье изомеризации. Таким образом, с использованием комплексной математической модели можно подобрать оптимальный режим работы колонн вторичной ректификации бензинов с минимальным содержанием углеводородов C_{7+} в сырье изомеризации.

Выводы:

1. Разработанная комплексная математическая модель позволила повысить ресурсоэффектив-

ность процесса изомеризации за счет оптимизации значений технологических параметров в сырьевой колонне К-1 с учетом требований для катализатора СИ-2 к содержанию компонентов C_{7+} .

2. Выполненные исследования показали, что изменение содержания C_{7+} в фр. н.к. 105 °С в интервалах 9,23 — 11,99 приводит к повышению содержания гептанов в сырье изомеризации от 0,2 до 0,8 мас. % в зависимости от тепловой нагрузки на ребойлер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвак Е.И., Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Чеканцев Н.В. Исследование влияния структуры химико-технологической системы на эффективность изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием математической модели процесса // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 316. — № 3. — С. 63–68.
2. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Костенко А.В., Чеканцев Н.В., Гынгазова М.С. Учет реакционной способности углеводородов и потенциала катализатора в инновационных технологиях мониторинга промышленных процессов риформинга и изомери-

зации бензинов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. — 2008. — № 10. — С. 27–31.

3. Чеканцев Н.В., Кравцов А.В., Дуброва Т.В. Формализованный механизм превращений углеводородов пентан-гексановой фракции на поверхности бифункциональных Pt-катализаторов изомеризации // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — т. 312. — № 3. — С. 34–37.

Поступила 25.06.2012 г.

УДК 66.011

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ НА ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОМСКИЙ НПЗ»

М.В. Киргина, М.В. Короленко, Э.Д. Иванчина, Н.В. Чеканцев

Томский политехнический университет
E-mail: iceflame@sibmail.com

Представлены возможные варианты оптимизации с использованием компьютерной моделирующей системы «Compounding», процесса компаундирования высокооктановых бензинов на предприятии «Газпромнефть-Омский НПЗ». В основу оптимизации положена математическая модель расчета детонационной стойкости бензинов с учетом межмолекулярных взаимодействий компонентов смеси.

Ключевые слова:

Компаундирование, математическое моделирование, оптимизация, многокомпонентные смеси.

Key words:

Compounding, mathematic modeling, optimization, multi component mixtures.

Введение

Процесс производства высокооктановых бензинов вовлекает в себя большое число различных компонентов, что в условиях изменяющегося состава сырья и экологических требований к товарной продукции делает данный процесс крайне сложным для оптимизации. Целью данной работы является оптимизация процесса производства товарных бензинов на предприятии ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-Омский НПЗ» по таким параметрам, как расход и углеводородный состав вовлекаемых в процесс компаундирования потоков. Также в ходе оптимизации выработаны рецептуры смешения товарных бензинов с применением ки-

слородсодержащих добавок и антидетонационных присадок для различных марок бензина, позволяющих повысить ресурсоэффективность процесса за счет экономии дорогостоящих и высокооктановых компонентов.

Производство экологически чистых товарных бензинов

В 2008 г. постановлением Правительства Российской Федерации был утвержден технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топ-почному мазуту». Требования, устанавливаемые